

Method for centring a glass-fibre tip

Patent Number: DE3405838
 Publication date: 1985-08-22
 Inventor(s): HABERLAND DETLEF DIPL PHYS DR [DE]; PRUSSAS HERBERT DIPL ING [DE]
 Applicant(s): SIEMENS AG [DE]
 Requested Patent: DE3405838
 Application Number: DE19843405838 19840217
 Priority Number(s): DE19843405838 19840217
 IPC Classification: G02B6/42
 EC Classification: G02B6/42C2; G02B6/42C5A8; G02B6/42C7
 Equivalents:

Abstract

Method for centring, that is to say laterally adjusting, a glass-fibre tip (S), the so-called taper (S), onto the optically active point of an optoelectronic component (D) in a module housing (G/K) by operating the component (D) and measuring the optical coupling between the component (D) and the taper (S) as a function of the centring of the taper (S). Inside the module housing (G/K), the glass fibre (S/L) is surrounded by a protective, aligning, stiff, narrow tube (R), preferably consisting of metal. A section of the glass fibre (S/L) is fastened to the tube (R) in such a way that in the case of the first tube end (VR) which is to be directed onto the optically active point, the taper (S) at least partially still projects from the tube (R). The tube (R) is fastened to the module housing wall (G) or to a holder (ST) in the interior of the module housing (G/K) in such a way that the length of the tube section (A) which is situated between the fastening (ST) and the first tube end (VR) is a multiple of the outside diameter of this tube section (A/R). For the purpose of precise, e.g. accurate to 0.1 μm , final centring of the taper (S) of the glass fibre axis, in the tube section (A) between the first tube end (VR) and the fastening (ST) the tube (R) is permanently deformed so strongly only at one or more points (S) of the tube wall that are near the fastening, and thus the tube section (A) is bent at these points so strongly that the coupling is at least approximately at a maximum.



Data supplied from the esp@cenet database - I2

Description

Verfahren zur Zentrierung einer Glasfaserspitze.

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Optoelektronik, nämlich eine Weiterentwicklung des im Oberbegriff des Patentanspruches 1 definierten Verfahrens, welches für sich aus der älteren, nicht vorveröffentlichten DE-OS 32 44 867 (= P 32 44 867.8) hervorgeht.

Die Erfindung wurde vor allem für Empfangsmodule mit Fotodioden als optoelektronische Bauelemente, sowie für Sendemodule mit Festkörperlasern als Bauelemente entwickelt, welche in digitalen Fernmeldesystemen mit Glasfasern, welche mit Informationen modulierte Lichtimpulse leiten, eingesetzt werden.

Die Erfindung ist jedoch schlechthin darüberhinaus auch bei allen sonstigen, durch den Oberbegriff des Patentanspruches 1 definierten Verfahren anwendbar, bei denen solche optoelektronische Module hergestellt werden, welchen über eine Glasfaser Lichtsignale zugeführt oder von welchen über eine Glasfaser Lichtsignale abgegeben werden. Bei dem genannten älteren Gegenstand hat das Modulgehäuse übrigens bereits eine Schutzfunktion für das in ihm angebrachte Licht sendende und/oder empfangende Bauelement. Das Modulgehäuse ist dort nämlich bevorzugt sowohl lichtdicht als auch gasdicht bzw.

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3405838 A1

51 Int. Cl. 4:
G 02 B 6/42

21 Aktenzeichen: P 34 05 838.9
22 Anmeldetag: 17. 2. 84
43 Offenlegungstag: 22. 8. 85

DE 3405838 A1

71 Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

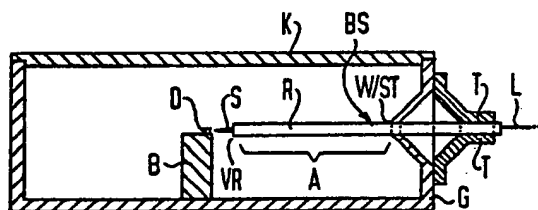
72 Erfinder:
Haberland, Detlef, Dipl.-Phys. Dr., 8031 Steinebach,
DE; Prussas, Herbert, Dipl.-Ing., 8069
Reichertshausen, DE

Rehörseneigentum

54 Verfahren zur Zentrierung einer Glasfaser Spitze

Verfahren zur Zentrierung, also seitlichen Justierung, einer Glasfaser Spitze (S), des sog. Tapers (S), auf die optisch aktive Stelle eines optoelektronischen Bauelementes (D) in einem Modulgehäuse (G/K), mit Hilfe einer Inbetriebnahme des Bauelementes (D) und Messung der optischen Kopplung zwischen dem Bauelement (D) und dem Taper (S) abhängig von der Zentrierung des Tapers (S). Innerhalb des Modulgehäuses (G/K) ist die Glasfaser (S/L) von einem schützenden, ausrichtenden, steifen, engen, bevorzugt aus Metall bestehenden Rohr (R) umgeben. An dem Rohr R ist ein Abschnitt der Glasfaser (S/L) so befestigt, daß, beim auf die optisch aktive Stelle zu richtenden ersten Rohrende (VR), der Taper (S) zumindest teilweise noch aus dem Rohr (R) herausragt. Das Rohr R ist so an der Modulgehäusewand (G) bzw. an einer Halterung (ST) im Inneren des Modulgehäuses (G/K) befestigt, daß die Länge des Rohrabschnittes (A), der zwischen der Befestigung (ST) und dem ersten Rohrende (VR) liegt, ein Vielfaches des Außendurchmessers dieses Rohrabschnittes (A/R) beträgt.

Zur präzisieren, z. B. auf $0,1 \mu\text{m}$ genauen, endgültigen Zentrierung des Tapers (S) der Glasfaserachse, wird im Rohrabschnitt (A) zwischen dem ersten Rohrende (VR) und der Befestigung (ST) das Rohr (R) nur an einer oder mehreren befestigungsnahen Stellen (BS) der Rohrwand bleibend so stark verformt und damit der Rohrabschnitt (A) an diesen Stellen so stark verbogen, daß die Kopplung zumindest angenähert maximal ist.



DE 3405838 A1

Patentansprüche.

1. Verfahren zur Zentrierung, also seitlichen Justierung,
einer Glasfaser Spitze (S), nämlich des sog. Tapers (S),
5 auf die optisch aktive Stelle eines optoelektronischen
Bauelements (D) in einem Modulgehäuse (G/K), mit Hilfe
einer Inbetriebnahme des Bauelementes (D) und Messung
der optischen Kopplung zwischen dem Bauelement (D) und
dem Taper (S) abhängig von der Zentrierung des Tapers
10 (S), mit
- einem innerhalb des Modulgehäuses (G/K) die Glas-
faser (S/L) umgebenden schützenden ausrichtenden
steifen, bevorzugt engen, bevorzugt aus Metall beste-
henden Rohr (R),
 - 15 - einem an dem Rohr (R) so befestigten Abschnitt der
Glasfaser (S/L), daß, beim auf die optisch aktive
Stelle zu richtenden ersten Rohrende (VR), der Taper
(S) zumindest teilweise noch aus dem Rohr (R) heraus-
ragt, und
 - 20 - einer solchen starren Befestigung (ST) des Rohres (R)
an der Modulgehäusewand (G) bzw. an einer Halterung
(ST) im Inneren des Modulgehäuses (G/K), daß die Länge
des Rohrabschnittes (A), der zwischen der Befestigung
(ST) und dem ersten Rohrende (VR) liegt, ein Vielfaches,
25 z.B. das 2- oder 10-fache, des Außendurchmessers die-
ses Rohrabschnittes (A/R) beträgt,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
zur präzisieren, z.B. auf 0,1 μ m genauen, endgültigen
Zentrierung des Tapers (S) der Glasfaserachse,
- 30 - im Rohrabschnitt (A) zwischen dem ersten Rohrende (VR)
und der Befestigung (ST), das Rohr (R) nur an einer
oder mehreren befestigungsnahen Stellen (BS) der
Rohrwand bleibend so stark verformt und damit der
Rohrabschnitt (A) an diesen Stellen so stark verbogen
35 wird, daß die Kopplung zumindest angenähert maximal
ist.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- in einem ersten Schritt das Rohr (R) an der/den befestigungsnahen Stelle(n) (BS) zunächst so stark verformt wird, daß bleibend die Kopplung ihr Maximum bereits etwas überschritt und
 - erst später in einem weiteren Schritt das Rohr an einer oder mehreren solchen befestigungsnahen Stellen (BS) nochmals zurück so stark verformt wird, daß bleibend die Kopplung optimal ist.
3. Verfahren nach Patentanspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- zwischen dem ersten und dem weiteren Schritt in einem zweiten, evtl. noch in einem dritten, vierten usw. Schritt, das Rohr (R) an solchen befestigungsnahen Stellen (BS) jeweils so stark verformt wird, daß bleibend die Kopplung von Schritt zu Schritt möglichst erhöht wird und jeweils die Verbiegung des Rohrabschnittes (A) über das Maximum der Kopplung hinaus erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- die Verbiegung des Rohrabschnitts (A) in einem ersten Verfahrensabschnitt in einer ersten, z.B. horizontalen, Ebene durchgeführt wird, und
 - danach die Verbiegung des Rohrabschnitts (A) in einem zweiten Verfahrensabschnitt in einer zweiten, z.B. vertikalen, Ebene durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- vor bleibenden Verformungen an solchen befestigungsnahen Stellen (BS) durch, bevorzugt nur elastische,

- von einem Automaten gesteuerten Verbiegungen des
Rohrabschnittes (A) die für eine optimale Kopplung
ideale Lage des Tapers (S) bestimmt wird und
- daraus die ideale(n) befestigungsnahe(n) Stelle(n)
5 (BS) und deren ideale Verformungsstärke vollauto-
matisch abgeleitet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentan-
sprüche,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- die Verformung solcher befestigungsnahe Stellen (BS)
durch ein mechanisches Mittel, z.B. durch ein drücken-
des punktförmiges, oder kneifendes schneidenförmiges
Werkzeug eines Manipulatorarmes, durchgeführt wird.
15
7. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
- die Verformung solcher befestigungsnahe Stellen (BS)
durch ein optisches Mittel, z.B. durch einen - z.B.
20 exzentrisch oder tangential - auf das Rohr (R) ge-
richteten Laserstrahl, durchgeführt wird.

SIEMENS AKTIENGESellschaft
Berlin und München

4.

Unser Zeichen:
VPA 84 P 1127 DE

5 Verfahren zur Zentrierung einer Glasfaserspitze.

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Optoelektronik, nämlich eine Weiterentwicklung des im Oberbegriff des Patentanspruches 1 definierten Verfahrens, welches für
10 sich aus der älteren, nicht vorveröffentlichten DE-OS 32 44 867 (= P 32 44 867.8) hervorgeht.

Die Erfindung wurde vor allem für Empfangsmodule mit Fotodioden als optoelektronische Bauelemente, sowie für
15 Sendemodule mit Festkörperlaser als Bauelemente entwickelt, welche in digitalen Fernmeldesystemen mit Glasfasern, welche mit Informationen modulierte Lichtimpulse leiten, eingesetzt werden.

20 Die Erfindung ist jedoch schlechthin darüberhinaus auch bei allen sonstigen, durch den Oberbegriff des Patentanspruches 1 definierten Verfahren anwendbar, bei denen solche optoelektronische Module hergestellt werden, welchen über eine Glasfaser Lichtsignale zugeführt oder
25 von welchen über eine Glasfaser Lichtsignale abgegeben werden. Bei dem genannten älteren Gegenstand hat das Modulgehäuse übrigens bereits eine Schutzfunktion für das in ihm angebrachte Licht sendende und/oder empfangende Bauelement. Das Modulgehäuse ist dort nämlich
30 bevorzugt sowohl lichtdicht als auch gasdicht bzw. luftdicht. Das Bauelement ist dort nicht nur gegen schädliche Gase geschützt. Es kann sich auch dort nicht immer mehr Kondenswasser mit der Zeit im Modulgehäuse sammeln, wobei Kondenswasser die Güte der Licht-
35 kopplung zwischen dem Bauelement und dem Taper der Glasfaser beeinträchtigen würde. Das ältere Modulgehäuse bietet außerdem schon einen beachtlichen Schutz für seine

inneren Bestandteile, z.B. Glasfaser und Bauelement, gegen mechanische Zerstörung durch Schläge bzw. Beschleunigungen. Ein - im allgemeinen wohl unbeabsichtigtes - Ziehen an der Glasfaser außerhalb des älteren

5 Gehäuses verändert kaum noch die Eigenschaften dieser Lichtkopplung zwischen Bauelement und Taper im inneren des Modulgehäuses, trotz der notwendigen äußerst kritischen Zentrierung bzw. Justierung des Tapers, insbesondere der Taperachse, auf die optisch aktiv-

10 ste Stelle des Bauelements. Ein zunächst beweglicher, dann befestigter besonderer Justierkörper des älteren Gegenstandes, der z.B. auch bei der Erfindung angebracht werden kann, gestattet außerdem häufig bereits eine sogar sehr gute Zentrierung, auch Justierung,

15 des Tapers auf das Bauelement, besonders mit Hilfe von einem feinsteuerbaren Manipulator, z.B. auf 0,1 μ m genau oder noch viel genauer. Auch ohne jenem Justierkörper kann, z.B. mit einem feinsteuerbaren Manipulator, eine so hohe Präzision der Justierung der Taperspitze

20 erreicht werden.

Eine solche Genauigkeit der Justierung des Tapers ist jedoch im allgemeinen höchstens in seitlicher Richtung nötig, d.h. hinsichtlich einer Zentrierung, also z.B.

25 Schwenkung der Glasfaserachse um die starre Befestigungsstelle des Rohres am Modulgehäuse. Hinsichtlich der Entfernung der Taperspitze zum Bauelement D ist hingegen im allgemeinen eine nur sehr viel kleinere Genauigkeit nötig, z.B. auf einige μ m genau.

30 Um solche an sich gewünschte Genauigkeiten der Justierung des Tapers zu erreichen, ist die Glasfaser von dem die Glasfaser schützenden und ausrichtenden Rohr umgeben, das seinerseits durch eine Wandöffnung des Modulgehäuses steckbar ist. Das Rohr besteht bevorzugt

35 aus Metall, insbesondere damit es steif ist und damit

der Taper nach seiner Zentrierung bzw. Justierung, und nach der Befestigung des Rohres, möglichst zuverlässig auf die optisch aktive Stelle des Bauelements unabhängig von der jeweiligen räumlichen Lage des Modulgehäuses gerichtet bleibt.

- 5
- Besonders auch in den, bezogen auf die Glasfaser, radialen, also seitlichen Bewegungsrichtungen kann also bei dem älteren Gegenstand bereits eine sehr gute - vorläufige - Zentrierung des Tapers vor dem endgültigen starren Befestigen erreicht werden, wobei, nach der Optimierung der optischen Kopplung zwischen Bauelement und Glasfaserspitze der Taper mit Hilfe von Klebmassen und/oder Lötmassen an einem Punkt im Inneren des Modulgehäuses, und/oder, zumindest mittelbar, auch am Modulgehäuse selbst starr befestigt werden kann, wie in der älteren Schrift beschrieben ist.
- 10
- 15
- 20 Die Erfahrung zeigte jedoch inzwischen, daß diese hohen Genauigkeiten, insbesondere hinsichtlich der Zentrierung, nach dem starren Befestigen des Rohres nicht mehr vorhanden sind. Insbesondere wenn die Befestigung durch das aus Stabilitäts- und Zuverlässigkeitsgründen an sich oft bevorzugte Löten erreicht wird, neigt das aus seiner Befestigung herausragende Rohr dazu, sich an seiner Befestigungsstelle zu verziehen, z.B. weil die Lötmassen ungleichmäßig angebracht sind sowie weil die Lötmassen am Rohrumfang ungleichmäßig schnell erstarren, selbst wenn sie gleichmäßig verteilt angebracht wären. Selbst wenn die Länge jenes Rohrschnittes, der zwischen dem ersten Rohrende, an dem der Taper herausragt, und der starren Befestigung des Rohres liegt, nur das Doppelte des Rohraußendurchmessers beträgt, neigt die Zentrierung der Taperachse dazu, nach dem Erstarren der Befestigung manchmal sogar um hohe /um-
- 25
- 30
- 35

Beträge von der ursprünglich erreichten Genauigkeit abzuweichen. Erwünscht wäre daher in diesem Fall eine nachträgliche, nochmalige Feinzentrierung der starr befestigten Taperachse.

5

Häufig wird auch zunächst, beim starren Befestigen des Rohres am Modulgehäuse, sogar die Zentrierung, also seitliche Justierung des Tapers, von vorne herein noch recht ungenau eingestellt sein, nämlich mit einem Fehler von
10 z.B. $\pm 0,2$ mm. Später nach dem starren Befestigen des aus seiner Befestigungsstelle frei herausragenden Rohres und damit des Tapers am Modulgehäuse, bleibt dann im allgemeinen, wie die Erfahrung zeigt, die nachträgliche Feinzentrierung des Rohres, nämlich ein gezieltes nach-
15 trágliches sehr präzises Biegen des Rohres R erstrebenswert, um die Genauigkeit insbesondere der Zentrierung des Tapers S auf die optisch aktive Stelle des Bauelements weiter zu erhöhen, z.B. auf $0,05 \mu\text{m}$ genau.

20 Die Erfindung löst die Aufgabe, die präzise nachträgliche, fein dosierbare Zentrierung der Taperspitze nach dem starren Befestigen des Rohres zu ermöglichen, durch die im Patentanspruch 1 genannten Maßnahmen, wodurch vorteilhafterweise zusätzlich erreichbar ist,

25 daß

- die Ausschußquote bzw. Ausfallquote beim Herstellen und beim Gebrauch des gesamten Moduls entsprechend klein ist, sowie
- die nachträgliche Zentrierung sehr rasch möglich ist.

30

Die in den Unteransprüchen angegebenen zusätzlichen Maßnahmen gestatten zusätzliche Vorteile. Es gestatten nämlich die Maßnahmen gemäß Patentanspruch

- 2 und 3, auf lange Sicht auftretende - z. B. oft sogar Monate dauernden-, nach der erfindungsgemäßen Zentrierung*) die insbesondere durch nachträgliche Kristallgefügeänderungen an den verformten befestigungsnahen Stellen auftreten, im voraus zumindest teilweise zu kompensieren,
- 4, die Zentrierung nacheinander in zwei Ebenen zu optimieren,
- 5, die Verformungen der befestigungsnahen Stellen zu automatisieren,
- 6, die Verformungen der befestigungsnahen Stellen ohne lokale Schmelzvorgänge bzw. ohne entsprechende Eingriffe in das lokale Kristallgefüge zu erreichen, sowie
- 7, die nachträgliche Zentrierung des Tapers ohne vorübergehend elastische mechanische Verbiegung des Rohres, also jeweils eine sofortige Kontrollmöglichkeit der jeweils durch die Verformung erreichten optischen Kopplung zwischen Bauelement und Taper, zu erreichen.

- *) einsetzenden Zerstörungen der Zentrierung,
- Die Erfindung wird anhand der in den beiden Figuren gezeigten Schemen zweier Ausführungsbeispiele von Modulgehäusen weiter erläutert, wobei Figur
- 1 ein Beispiel mit vergleichsweise langem Rohrabschnitt zwischen erstem Rohrende und Befestigung, und
- 2 ein Beispiel mit vergleichsweise kurzem Rohrabschnitt zwischen erstem Rohrende und Befestigung zeigen.

- Beide Figuren zeigen also ein Modulgehäusebeispiel G/K mit Wanne G und, bevorzugt licht- und gasdichtem, Deckel K. Im Modulgehäuse G/K ist das optoelektronische Bauelement D, z.B. eine Laserdiode, auf einem Bodentisch B starr an der Wanne G befestigt. Der Taper S der Glasfaser S/L ist auf die optisch aktivste Stelle des Bauelements D mit der jeweils erforderlichen Genauigkeit,

z.B. $\pm 0,05 \mu\text{m}$, zu zentrieren. Die Glasfaser S/L ist innerhalb des Modulgehäuses G/K von einem schützenden, ausrichtenden, steifen, bevorzugt engen, durch eine Wandöffnung W des Modulgehäuses G/K gesteckten, bevorzugt aus Metall bestehenden Rohr R umgeben. Hierbei ist ein Abschnitt der Glasfaser S/L an dem Rohr R so befestigt, daß, beim auf die optisch aktive Stelle des Bauelementes D zu richtenden ersten Rohrende VR, der Taper S zumindest teilweise noch aus dem Rohr R herausragt.

Das Rohr R ist in beiden gezeigten Beispielen an der Modulgehäusewand G oder T, bzw. an einer Halterung ST im Inneren des Modulgehäuses G/K starr so befestigt, daß die Länge des Rohrabschnittes A, der zwischen der Befestigung, z.B. ST, und dem ersten Rohrende VR liegt, ein Vielfaches, z.B. das 2-fache oder 10-fache, des Außendurchmessers dieses Rohrabschnittes A beträgt, vgl. dazu beide Figuren.

Eine vorläufige Justierung bzw. Zentrierung des Tapers S auf das Bauelement D wurde zunächst, z.B. mäßig genau mittels des in beiden Figuren gezeigten besonderen Justierkörpers T, und evtl. auch extrem genau mit Hilfe eines feinsteuerbaren Manipulators, schon vor dem starren Befestigen des Rohres, vgl. ST, erreicht. Hierzu kann schon während dieser vorläufigen Justierung bzw. Zentrierung die optische Kopplung zwischen dem Taper S und dem Bauelement D, bevorzugt durch systematische Bewegungen des Tapers S bzw. des Rohres R, unter Inbetriebnahme des Bauelementes D laufend gemessen werden und daraus die optimale Zentrierung des Tapers S, d.h. seine ideale Lage bei optimaler Kopplung, bestimmt werden. Damit ist auch festlegbar, wohin und wie stark an sich der Rohrabschnitt A nun jeweils noch zu verschieben oder zu schwenken wäre. Diese Festlegung erfolgt bevorzugt schließlich auch

nach dem starren Befestigen des Rohres R an dem Modulgehäuse bzw. an einer Befestigungsstelle ST, z.B. durch ein elastisches Verbiegen des Rohrabschnittes A, woraus die Richtung und Stärke der nun noch nötigen
5 nachträglichen Feinjustierung zumindest angenähert bestimmt wird - so sind viele unsystematische Zentrierungsänderungen von vorne herein vermeidbar.

Zur präzisen, z.B. auf $0,1 \mu\text{m}$ genauen oder noch genaueren, endgültigen Zentrierung des Tapers S bzw. der Glasfaserachse wird erfindungsgemäß, im Rohrabschnitt A zwischen dem ersten Rohrende VR und der starren Befestigung ST, das Rohr R nur an einer oder mehreren befestigungsnahen Stellen, vgl. BS, der Rohrwand bleibend
15 so stark verformt und damit der Rohrabschnitt A an diesen Stellen so stark verbogen bzw. im Gefüge verändert, daß, durch die damit ausgelösten Kräfte bzw. inneren Spannungen bzw. Verformungen an diesen befestigungsnahen oft nur punktförmigen Stellen BS, die Taperachse
20 seitlich bleibend verlagert wird, bis damit die optische Kopplung zumindest angenähert maximal wird.

Die Verformung solcher befestigungsnaher Stellen BS ist auf verschiedene Weise erreichbar, z.B. auch durch
25 ein mechanisches Mittel, z.B. durch ein drückendes punktförmiges, oder kneifendes schneidenförmiges Werkzeug eines Manipulatorarmes. Die Verformung ist aber auch auf eine andere Weise erreichbar, bei der überdies keine überlagerte, vorübergehende, starke elastische Verlagerung der Taperachse auftritt: Die Verformung solcher befestigungsnaher Stellen BS kann nämlich auch
30 durch ein optisches Mittel, z.B. durch einen auf das Rohr R gerichteten Laserstrahl, durchgeführt werden, der das Rohr R an seinem Umfang im Bereich BS lokal und bevorzugt punktuell rasch schmilzt oder aufweicht, oder
35 zumindest auf thermischem Wege lokal das Kristallgefüge an der Stelle BS ändert. Nach dem Erkalten bzw. Er-

starren treten bei der betreffenden Stelle BS daher innere Spannungen im Rohr R, insbesondere also durch eine lokale Kristallgefügeänderung auf, deren Stärke über die variierbare Stärke des Laserstrahles fein dosierbar sind. Dadurch ist mittels eines oder mehrerer Laserstrahlschüsse, bevorzugt exzentrisch oder tangential auf die betreffende befestigungsnahe Stelle BS des Rohres R gerichtet, gezielt die Taperachse sowohl in eine vorgegebene Richtung als auch mit vorgegebener Stärke seitlich verschiebbar, um die optische Kopplung zu verbessern.

Bevorzugt ist bei diesen beiden Verformungsverfahrensvarianten eine automatische Steuerung, bei der, vor dem Erzeugen der bleibenden Verformungen an solchen befestigungsnahe(n) Stellen BS, jeweils durch - bevorzugt nur elastische - von einem Automaten gesteuerte Verbiegungen des Rohrabschnittes A die für eine optimale Kopplung ideale Lage des Tapers S bestimmt wird, bevorzugt exakt gemessen wird - evtl. nach jeder Verformung sogar erneut - , wonach aus dieser Bestimmung bzw. Messung die ideale(n) befestigungsnahe(n) Stelle(n) BS bzw. deren ideale Verformungsstärke vollautomatisch abgeleitet wird. Diese Ableitungen steuern dann das Werkzeug, z.B. den Laserstrahl, um die - ggf. nächste - Verformung einzuleiten.

Alle diese, auch extrem fein dosierbaren Maßnahmen gestatten feinst dosierte Änderungen der Taperachse, z.B. auch in Schritten von $0,03 \mu\text{m}$, bezogen auf die Taperspitze. Alle diese Maßnahmen können aber auch viel höher dosiert werden, wodurch auch rasche Änderungen der Taperachse um $0,1 \text{ mm}$ und mehr erreicht werden können. Es handelt sich also um insofern sogar ideale Maßnahmen.

Die Zentrierung bzw. Lageveränderung der Taperachse wird also jeweils durch Verformungen an jenen befestigungsnahen Stellen BS erreicht, - an Stellen BS, die zwar mehr oder weniger punktförmig sind, aber

5 grundsätzlich jeweils irgendwo längs des Rohrumfanges an der Stelle BS liegen können. Es handelt sich dabei um Verformungen, die jeweils mehr oder weniger in das Kristallgefüge des Rohrmaterials eingreifen und dort bleibende innere Spannungen im Rohrmaterial auslösen,

10 - wodurch die Taperachsenverlagerung bewirkt wird.

Solche inneren Spannungen und Eingriffe in das Kristallgefüge bewirken aber auf lange Sicht weitere Langzeitveränderungen, z.B. noch nach Monaten. Solche späten

15 Langzeitveränderungen sind also schädlich für die Langzeitkonstanz der Zentrierung. Normalerweise bewirken solche späten Umkristallisationsvorgänge im Rohrmaterial, daß die beim Verformen erreichte Taperachsenverlagerung mit der Zeit wieder etwas rückgängig gemacht

20 wird. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird daher die Verformung an der befestigungsnahen Stelle BS jeweils so durchgeführt, daß zusätzlich in einem ersten Schritt das Rohr R an der/den befestigungsnahen Stelle(n) BS übermäßig stark nämlich so stark verformt wird, daß

25 bleibend die Kopplung ihr Maximum bereits etwas überschritt und daß anschließend in einem weiteren Schritt das Rohr an einer oder mehreren solchen befestigungsnahen Stellen BS nochmals zurück so stark verformt wird, daß nun bleibend die Kopplung optimal ist. Auf diese

30 Weise werden die späten Veränderungen im voraus mehr oder weniger kompensiert, insbesondere weil auch die im weiteren Schritt erzeugten Verformungen eigene späte Veränderungen im Kristallgefüge mit entgegen wirkenden Einflüssen auf die Taperachslage erzeugen. Dement-

35 sprechend kann man notfalls sogar zwischen dem ersten und dem weiteren Schritt in einem zusätzlichen zweiten, evtl. noch in einem dritten, vierten usw. Schritt, das

Rohr R an solchen befestigungsnahen Stellen BS jeweils nochmals so stark verformen, daß bleibend die Kopplung von Schritt zu Schritt möglichst erhöht wird und jeweils die Verbiegung des Rohrabschnittes A etwas über
5 das Maximum der Kopplung hinaus erfolgt. Es ist aber schon vom Aufwand her günstig, die Anzahl der Schritte klein zu halten.

Man kann überdies die Zentrierung der Taperachse auch
10 nacheinander in zwei Ebenen optimieren, indem man zunächst die Verbiegung des Rohrabschnitts A in einem ersten Verfahrensabschnitt in einer ersten, z.B. horizontalen, Ebene durchführt, und danach die Verbiegung des Rohres A in einem zweiten Verfahrensabschnitt in
15 einer zweiten, z.B. vertikalen, Ebene durchführt, und zwar jeweils durch erfindungsgemäße Verformungen an befestigungsnahen Stellen BS.

7 Patentansprüche

2 Figuren

.14.
- Leerseite -

FIG 1

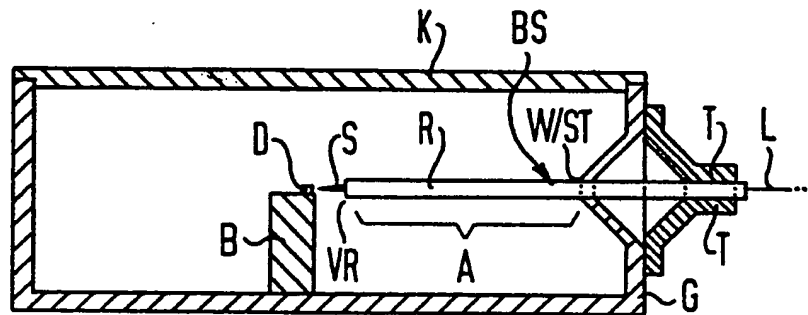


FIG 2

